

Evaluación técnica de 5 marcas de concentradores de O₂. Proyecto Asturias

E.G. Diego González, A. Méndez Lanza y J.A. Mosquera Pestaña

Servicio de Neumología. Instituto Nacional de Silicosis. Hospital Central de Asturias.

Evaluación de las características de ocho concentradores de O₂, pertenecientes a cinco diferentes marcas: Mark 4, Zefir, Puritan-Bennet, Drager y prototipo MHF.

Los concentradores funcionaban ininterrumpidamente durante 37 días, limpiándose los filtros externos a las 400 horas de funcionamiento. Las mediciones se hicieron cuando producían flujos teóricos entre 1 y 3 l/min. Se realizó análisis de variancia "una vía" y método de Scheffe, para comparar los resultados entre las diferentes marcas.

Las medidas de flujos producidos se hicieron con debímetros Costrema y Drager. Las concentraciones de O₂ fueron determinadas con los oxímetros Drager, Cepo y Oxidig. La cuantificación del ruido emitido se realizó con los sonómetros Cel, Spyri Ag Thun, Bruel Kjaer y General Radio. El consumo eléctrico se determinó con un contador Siemens.

Todos los concentradores producían flujos inferiores a los teóricos, siendo los modelos Zefir y MHF los que se acercaban más a los deseados. Variaciones en la exactitud y precisión de los flujos variaban entre +1% a -32%, y 1,1% al 11,7%, respectivamente. El valor *r* de la linealidad de los flujos oscilaba entre 0,959 y 0,991. Con flujos de 2 l/min o menos, todos alcanzaban concentraciones de O₂ mayores de 90%, pero esta cifra sólo se conseguía para las marcas Drager y MHF para flujos de 3 l/min. Exceptuando el prototipo MHF, todos emitían ruido superior a 50 dB, siendo el modelo Drager el más ruidoso. Los consumos eléctricos eran similares entre ellos.

Los concentradores de O₂ son fuentes recomendables de suministro de oxígeno, pero tienen limitaciones. Deben ser mejorados respecto a: la exactitud de flujos obtenidos, monitorización de la capacidad de concentración y descenso en la generación de ruido.

Palabras clave: *Concentrador de O₂. Oxigenoterapia.*

Arch Bronconeumol 1995; 31: 393-398

Introducción

La oxigenoterapia domiciliaria aumenta la duración de la vida de pacientes EPOC con hipoxemia o sus secuelas (policitemia, cor pulmonale, etc.)^{1,2}. Esta mo-

Correspondencia: Dr. J.A. Mosquera Pestaña.
Jefe de Servicio de Neumología. Instituto Nacional de Silicosis.
C/ Dr. Bellmunt, s/n. 33006 Oviedo.

Recibido: 25-8-94; aceptado para su publicación: 18-4-95.

Evaluation of the technical specifications of 5 O₂ concentrators of different brands. The Asturias project

To check the technical specifications of 5 O₂ concentrators pertaining to 5 different brands: Mark 4, Zefir, Puritan-Bennet, Drager and MHF prototype.

The concentrators worked continuously for 37 days. External filters were cleaned after 400 hours and measurements were taken when theoretical flows were between 1 and 3 l/min. One-way analysis of variance and Scheffe's method were used to compare the different brands.

Flow measurements were taken with Costrema and Drager debitmeters. O₂ concentrations were measured with Drager, Cepo and Oxidig oximeters. Emitted sound was measured with Cel, Spyri Ag Thun, Bruel Kjaer and General Radio meters. Electrical consumption was determined with a Siemens counter.

All the concentrators produced flows that were under theoretical values, though the Zefir and MHF models came the closest. Accuracy and precision of flow varied from 1% to -32%, and from 1.1% to 11.7%, respectively. The value of *r* expressing linearity of flows oscillated between 0.959 and 0.991. When flow was 2 l/min or less, all achieved O₂ concentrations greater than 90%, but this level was reached only by the Drager and MHF concentrators when flows were 3 l/min. With the exception of the MHF prototype, all the models emitted noise over 50 dB, the Drager machine being the noisiest. Electrical consumption was similar in all models.

O₂ concentrators can be recommended as sources of oxygen supply, but they have their limitations. Improvements must be made in accuracy of flow and monitoring of the apparatus ability to concentrate; noise must be reduced as well.

Key words: *O₂ concentrator. Oxigenotherapy.*

dalidad de terapia es cara, siendo el concentrador de oxígeno la fuente de suministro más barata. Sin embargo, las características generales y sus rendimientos no han sido suficientemente estudiados en nuestro país, a pesar de su uso cotidiano.

El proyecto Asturias consiste en un estudio prospectivo con dos fases. La primera es el análisis del comportamiento técnico de 8 concentradores, pertenecientes a 5 modelos diferentes, en el laboratorio.



Este trabajo describe los hallazgos durante la primera fase del estudio, donde se evalúan las características técnicas de ocho concentradores de O₂, pertenecientes a cinco diferentes marcas.

Material y métodos

Se estudiaron 8 concentradores de O₂, pertenecientes a 5 modelos diferentes: 2 Mark 4 (modelo ALS-M4-C3), 2 Zefir (n.º serie: 2631, 2330), 2 Puritan-Bennet (modelo Companion 492 n.º serie: 11572, 11582), un Drager (modelo Permax), y un prototipo no comercializado MHF (producido por Honorio Fernández S.A. Gijón, Asturias). Los concentradores funcionaron ininterrumpidamente durante 37 días en el laboratorio, limpiándose los filtros exteriores a las 400 horas de funcionamiento.

Las mediciones se hicieron cuando los concentradores señalaban la producción de flujos teóricos de: 1, 1,5, 2 y 3 l/minuto (l/min). La medición del flujo producido, se determinaba en la boquilla del concentrador con: a) debímetro Costrema (Modelo Oxígeno 760 Torr 20 °C, n.º serie 180220, con rango de medida entre 50-550 l/h), y b) contador Drager (Modelo Volumeter 3000, n.º serie B 20473, con rango de medida 0-15 l/min). Las medidas de flujo se hacían a la temperatura del laboratorio (alrededor de 20 °C) y con presión atmosférica entre 750-770 mmHg. Todas las medidas se transformaban en litros/hora (l/h).

La concentración de oxígeno era medida en la boquilla del concentrador con: a) oxímetro Drager (Modelo Oxywar-100R, n.º serie 15440633); b) oxímetro Cepo (Modelo OXY 2100/MVA 210 n.º serie 89/22/1304), y c) oxímetro Drager (Modelo Oxidig, n.º serie 12305).

La producción de ruido por parte del concentrador era medida a 1 y 5 m de la carcasa del aparato con: a) sonómetro Cel (Modelo Cel - 328, n.º serie 113029); b) sonómetro Spyri Ag Thun (Modelo Spyri - Microphon, n.º serie 7579); c) sonómetro Bruel Kjaer (Modelo 2215, n.º serie 1010306), y d) sonómetro General Radio USA (Modelo 1565B). El

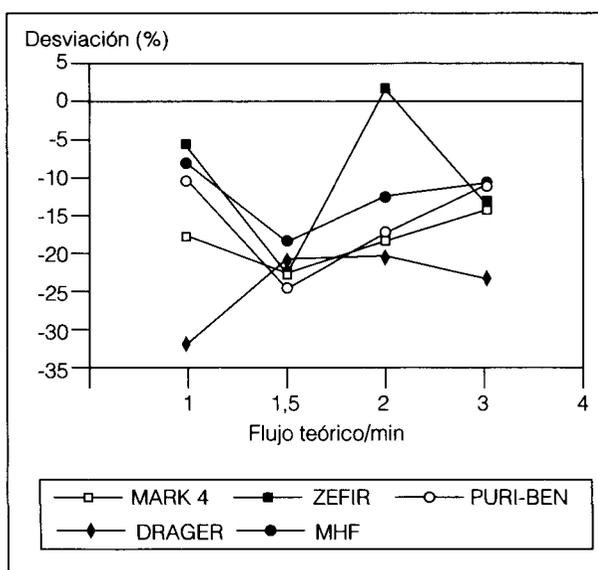


Fig. 1. Exactitud de flujos para las diferentes marcas (mostrado como el porcentaje de desviación de los flujos medios medidos frente a los teóricos señalados por los aparatos).

consumo eléctrico se contabilizaba con contador Siemens (modelo monofásico, Tipo 7AA52, n.º serie k2/56205817).

Para cada determinación se promediaron: a) los resultados obtenidos con los diferentes monitores que medían el mismo parámetro. b) Los resultados de los diferentes aparatos, pertenecientes a la misma marca.

Se realizó análisis de variancia una vía para las comparaciones de los resultados, entre las diferentes marcas de concentradores, usando el método de Scheffe para obtener diferencias con significado de $p < 0,05$.

TABLA I
Flujos medidos en los diferentes modelos (l/min) respecto a los flujos teóricos señalados por los concentradores

Flujos teóricos señalados por concentrador (l/min)	MARK 4 (I)	ZEFIR (II)	PURITAN-BENNET (III)	DRAGER (IV)	MHF (V)	Nivel de significación con $p < 0,05$ entre los diferentes modelos
1						IV I
N.º mediciones	57	57	57	28	26	I *
Media	0,82	0,94	0,90	0,68	0,92	III * *
1 DE	0,03	0,11	0,07	0,009	0,01	V * *
95% intervalo de confianza	0,80-0,84	0,90-0,99	0,87-0,93	0,68-0,69	0,91-0,93	II * *
1,5						No diferencias significativas
N.º mediciones	24	28	28	14	16	
Media	1,16	1,15	1,13	1,18	1,22	
1 DE	0,03	0,04	0,05	0,04	0,13	
95% intervalo de confianza	1,14-1,18	1,13-1,18	1,10-1,17	1,15-1,22	1,10-1,33	
2						IV I III V
N.º mediciones	32	32	32	16	16	V * * *
Media	1,63	2,03	1,65	1,59	1,75	II * * * *
1 DE	0,05	0,06	0,04	0,08	0,03	
95% intervalo de confianza	1,60-1,65	1,99-2,07	1,62-1,67	1,52-1,66	1,72-1,78	
3						IV
N.º mediciones	24	32	32	16	16	I *
Media	2,57	2,60	2,68	2,30	2,68	II *
1 DE	0,16	0,21	0,08	0,13	0,05	III *
95% intervalo de confianza	2,46- 2,67	2,48- 2,71	2,64-2,73	2,18-2,91	2,63-2,73	V *

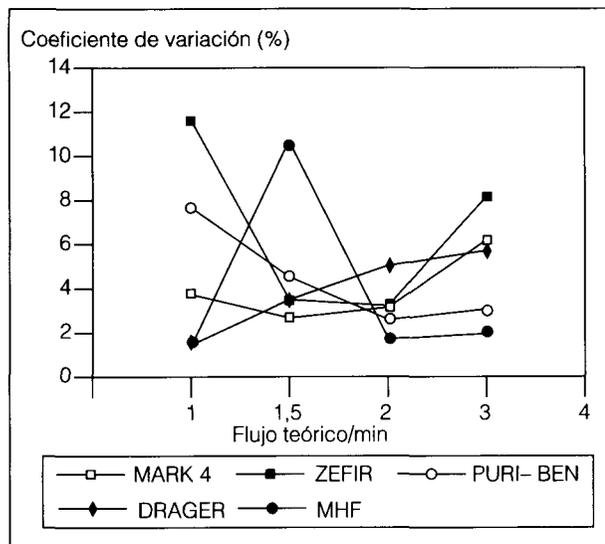


Fig. 2. Precisión de los flujos en las diferentes marcas. El coeficiente de variación de Pearson (porcentaje de variación de la desviación estándar respecto al valor teórico).

Resultados

Los flujos medidos en la boquilla de los concentradores, con respecto a los flujos teóricos señalados por los monitores propios de los concentradores, pueden ser vistos en la tabla I. En general, todos los concentradores producían flujos inferiores a los señalados, en todos los rangos de las mediciones existiendo diferencias entre los diferentes modelos. Así, a flujos de 1 l/min los modelos Mark 4 y Drager producían caudales menores, estadísticamente significativos, que los otros modelos. Para un flujo de 1,5 l/min, no había

diferencias entre todos los modelos, pero con 2 l/min eran las marcas Zefir y MHF las que obtenían flujos significativamente más próximos a los deseados. Por último, con 3 l/min el concentrador Drager producía flujos significativamente inferiores respecto a los restantes.

La exactitud de los flujos para cada modelo es mostrada en la figura 1. Importantes desviaciones entre flujos teóricos y medidos se encuentran en todos los aparatos para cada flujo medido, y prácticamente siempre por debajo de los valores señalados por el concentrador. La precisión de los concentradores mostraba menores variaciones porcentuales que las obtenidas para la exactitud, en la generación de los diferentes flujos (fig. 2). La linealidad de los flujos obtenidos por los concentradores puede verse en la figura 3.

Las concentraciones de oxígeno, conseguidas en los 5 modelos eran superiores al 90%, cuando aquellos funcionaban en el rango de 1, 1,5 y 2 l/min. Pero con flujos de 3 l/min sólo conseguían superar aquel porcentaje las marcas Drager y MHF (tabla II).

La generación de ruido, funcionando los concentradores a los diferentes flujos medidos, era estadísticamente significativa ($p < 0,05$) que en el modelo Drager era el más ruidoso, siendo el prototipo MHF el más silencioso (figs. 4 y 5).

Los consumos eléctricos eran similares en los 5 modelos, sin diferencias significativas entre ellos (fig. 6).

Discusión

Los concentradores son las fuentes de oxígeno más baratas y manejables. Los beneficios dependen del conocimiento de sus características técnicas, enten-

TABLA II
Concentraciones de O₂ conseguidas por los concentradores mientras producen flujos entre 1 y 3 l/min

Flujo teórico l/min	MARK 4 (I)	ZEFIR (II)	PURITAN-BENNET (III)	DRAGER (IV)	MHF (V)	Nivel de significación con $p < 0,05$ entre los diferentes modelos
1						
N.º mediciones	84	84	84	32	36	
Media	96,38	96,07	95,89	96,34	96,56	No diferencias significativas
1 DE	0,85	0,89	1,03	1,25	0,86	
95% intervalo de confianza	96,05-96,71	95,73-96,42	95,49-96,30	95,62-97,07	96,01-97,1	
1,5						
N.º mediciones	36	42	42	21	24	
Media	95,70	96,93	96,25	97,23	96,71	No diferencias significativas
1 DE	3,30	0,41	0,74	1,31	0,95	
95% intervalo de confianza	93,60-97,80	96,69-97,17	95,82-96,68	96,02-98,45	95,91-97,50	
2						
N.º mediciones	48	48	48	24	24	
Media	96,41	96,99	96,62	92,64	96,77	No diferencias significativas
1 DE	1,10	0,65	0,51	10,58	0,59	
95% intervalo de confianza	95,82-97,0	96,64-97,39	96,34-96,89	83,80-101,49	96,27-97,26	
3						
N.º mediciones	48	48	48	24	24	I
Media	77,79	89,75	88,13	95,92	93,73	II *
1 DE	10,95	3,43	10,20	1,92	2,52	III *
95% intervalo de confianza	71,95-83,63	87,92-91,58	82,69-93,57	94,30-97,53	91,62-95,85	IV *
						V *

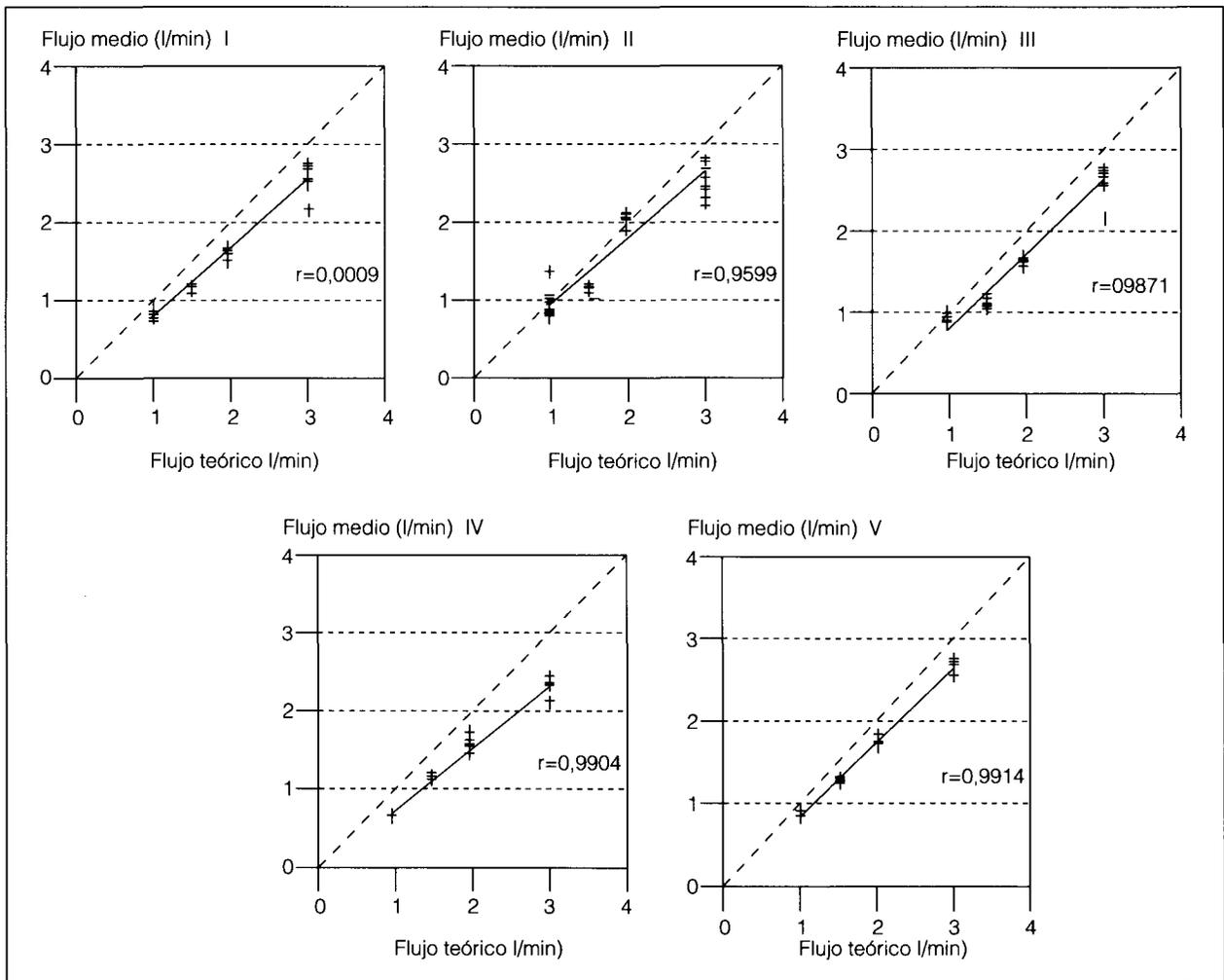


Fig. 3. Linealidad de flujos en los diferentes modelos, dentro de rango medido (1 a 3 l/min).

diendo sus limitaciones y fallos³. Son pocos los estudios que se han centrado sobre estos aspectos técnicos, y algunas publicaciones extranjeras describen modelos que no existen en nuestro país, y por lo tanto no aplicables a los aparatos que disponemos en España⁴. Se han elegido 5 marcas, cuatro de ellas son habitualmente utilizadas en nuestro medio. El modelo MHF es un prototipo que no ha sido comercializado en la actualidad. Los concentradores de Vilbiss 44 y Roomate III han sido excluidos en este estudio, a pesar de su amplia aplicación, por haber sido estudiados con anterioridad en nuestro laboratorio⁵.

La función más importante de un concentrador de O₂ es producir oxígeno con gran pureza. Se acepta, como funcionamiento adecuado, cuando se alcanzan concentraciones de O₂ por encima del 90%. En este estudio, todos los modelos lo cumplían cuando funcionaban a flujos de 1, 1,5 y 2 l/min. Pero sólo dos marcas: Drager y MHF alcanzaban concentraciones adecuadas cuando producían un caudal de 3 l/min, estando próximos los modelos Zefir y Puritan-Bennet.

Descensos significativos de la capacidad de concentración con flujos mayores de 2 l/min se han descrito también para otros modelos de concentrador⁴. Esto significa, en la práctica, que cuando se necesitan flujos domiciliarios de 3 o más l/min, es imprescindible medir la capacidad real del concentrador que se va a utilizar, y si esto no es posible, suministrar otra fuente de O₂ más fiable. El defecto común de todos estos concentradores estudiados es la ausencia en ellos de un analizador visible de O₂ o algún sistema de alarma, que avise cuando hay un fallo en la capacidad de concentración, ya que este problema es indetectable⁶. Este tipo de averías puede ser frecuente dependiendo de varios factores: tipo de concentrador, horas de funcionamiento o suciedad en los filtros de toma de aire⁷.

Todos los modelos producían flujos menores a los señalados por los monitores que portan los aparatos, y esto ocurría en todos los rangos de flujos medidos. Todos estos concentradores se comportaban en la generación de flujos como poco exactos (variaciones

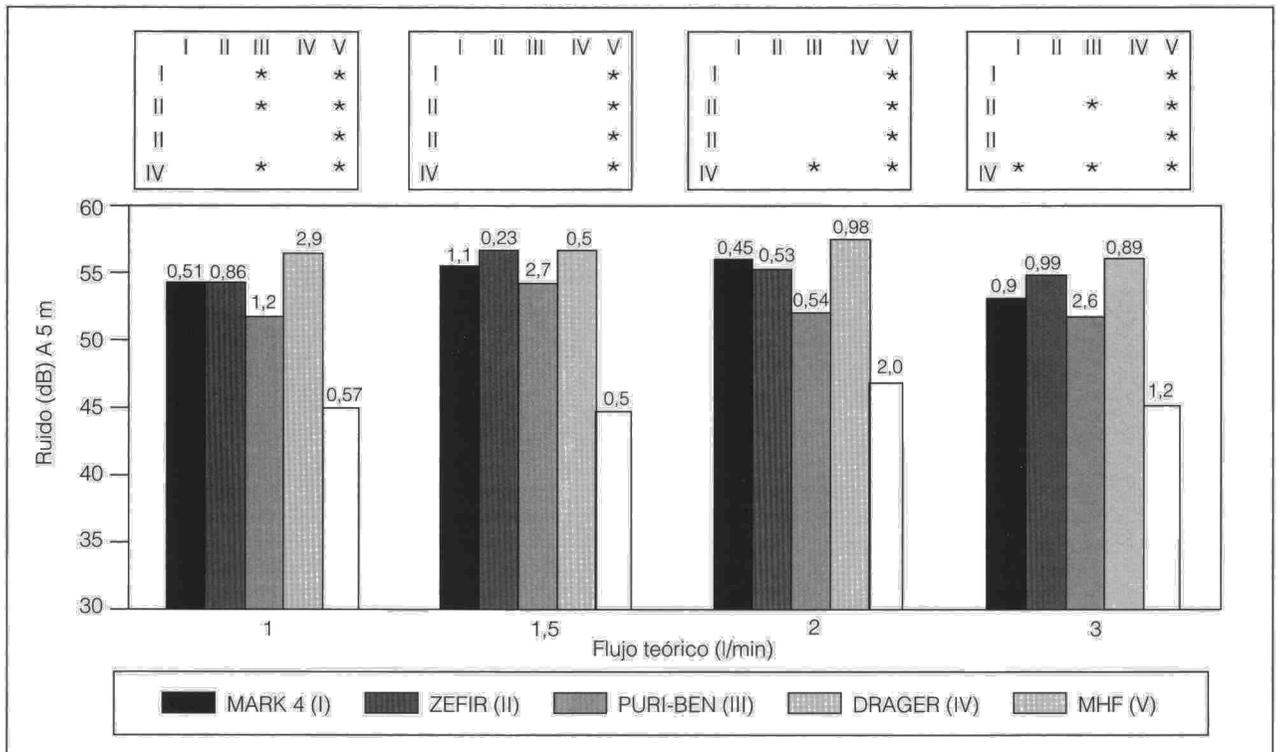


Fig. 4. La sonoridad de los diferentes concentradores medida a 1 m de las carcasas de los aparatos. Las columnas representan los valores medios de ruido registrado (dB) para las diferentes marcas y flujos. Los números encima de las columnas corresponden a 1 desviación estándar. Los asteriscos señalan valores con diferencias significativas ($p < 0,05$). Puri-Ben = Puritan-Bennet.

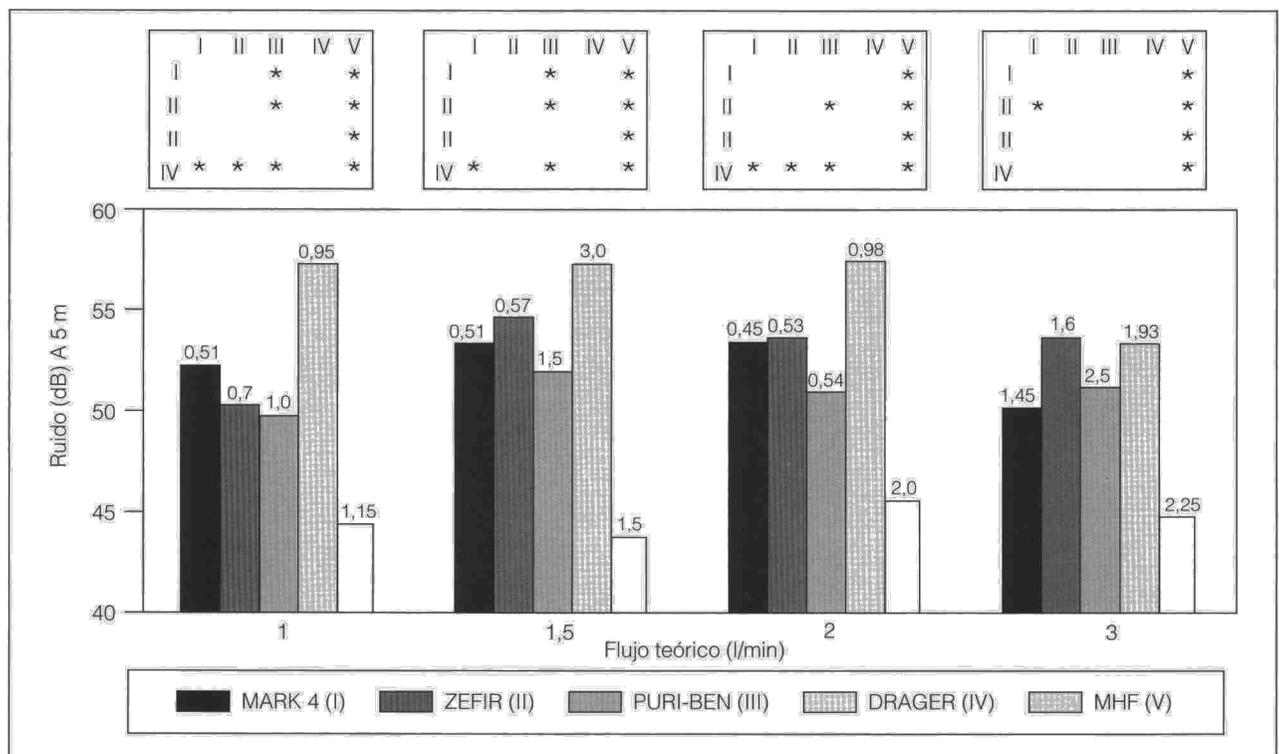


Fig. 5. La sonoridad de los diferentes concentradores, medida a 5 m de las carcasas de los aparatos. La señalización es igual que la figura 4.

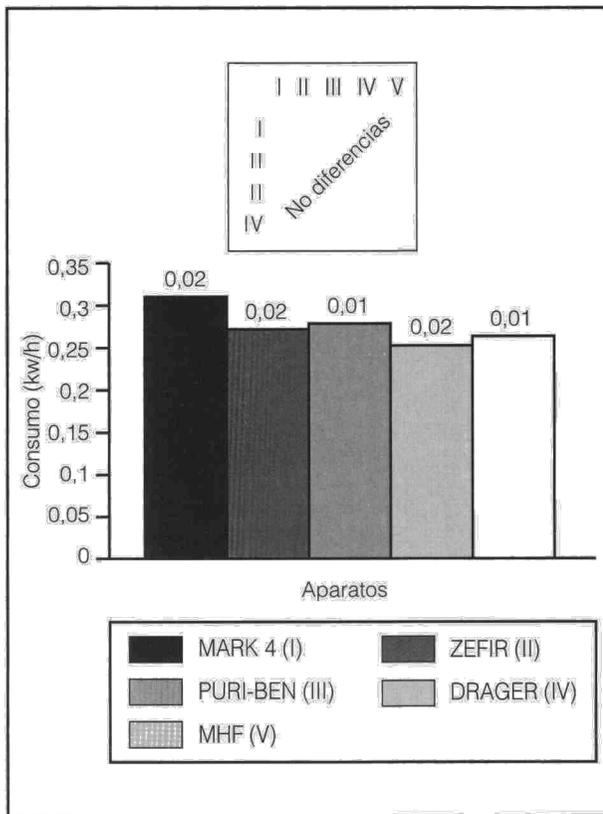


Fig. 6. Consumo eléctrico de las diferentes marcas (kw/hora). La señalización es igual que la figura 4.

entre +1% a -32%) y razonablemente precisos (variaciones entre 1,1 al 11,7%) y lineales.

Esto exige de nuevo, que la cuantificación correcta del caudal de oxígeno necesario debería determinarse mientras el enfermo usa el mismo concentrador que va a utilizar en su domicilio. El hallazgo de amplias desviaciones entre los flujos predichos y medidos ha sido descrito también en otros modelos, encontrándose cifras similares a las halladas en este estudio⁸.

La producción de ruido por estas máquinas es una característica a la que no se le presta atención a la hora de elegir el concentrador. Todos los modelos producían más de 50 dB, excepto el prototipo MHF. El ruido, especialmente el nocturno, es un desagradable

productor de patología. Las modernas legislaciones intentan limitar la generación de fuentes sonoras⁹. La emisión interna de ruido nocturno exige que no se sobrepasen en zonas residenciales los 45 dB, cifra superada ampliamente por todas las marcas, excepto el prototipo MHF. El modelo Drager era significativamente el más ruidoso, estando los valores de los restantes entre los producidos por estas dos marcas. Como se verá en la segunda fase de este proyecto Asturias, el ruido es el principal motivo de rechazo al uso del concentrador por parte de los enfermos y probablemente un importante factor de inadecuado número de horas de utilización.

Por último, el consumo eléctrico era similar para todos los aparatos y muy próximo al descrito para otros concentradores.

En resumen los concentradores son fuentes recomendables de suministro de oxígeno, pero exigen un estrecho control de la producción de flujos y capacidad de concentración¹⁰. Estos tienen que ser mejorados respecto a la exactitud, monitorización de concentración de O₂ y generación de ruido.

BIBLIOGRAFÍA

1. Nocturnal Oxygen Therapy trial Group. Continuous or nocturnal oxygen therapy in hypoxemia chronic obstructive lung disease. *Ann Intern Med* 1980; 93: 391-398.
2. Medical Research Council Working Party. Long term domiciliary oxygen therapy in chronic hypoxic cor pulmonale complicating chronic bronchitis and emphysema. *The Lancet* 1981; 1: 681-685.
3. Sous-Commission Technique ANTADIR. Home controls of a sample of 2,414 oxygen concentrators. *Eur Respir J* 1991; 4: 227-231.
4. Gould GA, Scott W, Hayhurst MD, Flenley DC. Technical and clinical assessment of oxygen concentrators. *Thorax* 1985; 40: 811-816.
5. Diego González EG, Méndez Lanza A, Mosquera Pestaña JA. Concentradores de Oxígeno: Características prácticas. *Arch Bronconeumol* 1988; 24: 21-24.
6. Bongard JP, Pahud C, De Haller R. Insufficient Oxygen concentration obtained at domiciliary controls of eighteen concentrators. *Eur Respir J* 1989; 2: 280-282.
7. Fulmer JD, Snider GL. American College of Chest Physicians (ACCP)-National Heart, Lung, and Blood Institute (NHLBI) Conference on oxygen therapy. *Arch Intern Med* 1984; 144: 1.645-1.660.
8. Johns DP, Rochford PD, Streeton JA. Evaluation of six oxygen concentrators. *Thorax* 1985; 40: 806-810.
9. Real Decreto 1316/1989. B.O.E. 1989; 263: 34.428-34.431.
10. Streeton T.B. Provision of long term oxygen therapy. *Thorax* 1985; 40: 801-805.